



Evapotranspirasi Bibit Cendana (*Santalum Album* L.) dengan Beberapa Inang Primer

Evapotranspiration of Sandalwood (*Santalum Album* L.) Seedlings with Several Primary Host Plants

Yudi Riadi Faggida^E dan Impron^{*}

Departemen Geofisika dan Meteorologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor
Gedung FMIPA Jl. Meranti Wing 19 Lv.4 Kampus IPB Dramaga Bogor 16680

ARTICLE INFO

Article history:

Received 1 October 2015
Received in revised form 29 March 2018
Accepted 10 May 2018

DOI: 10.29244/j.agromet.32.1.21-30

Keywords:

Haustoria
Primary host plant
Sandalwood
Symbiosis
Water use efficiency

ABSTRACT

Sandalwood (*Santalum album* L.) seedlings planted with different primary host plants should require different amounts of water. In practice, however, sandalwood seedlings with different primary host plants are irrigated with similar amount of water. Thus, it is interesting to study the amount of water expressed as evapotranspiration for the sandalwood seedlings and their primary host plants because there are hemiparasitic symbiosis plants in one planting medium. The purpose of this research was to compare and analyse evapotranspiration (ET) and water use efficiency (WUE) of sandalwood seedlings with different primary host plants, namely chili (*Capsicum annum*), krokot (*Alternanthera* sp.), and sengan (*Albizia chinensis*). The experiment was conducted in a greenhouse and designed using completely randomized design. Results showed that different primary host plants already influenced ET at 6 days after sowing of primary host (DASH). The sandalwood seedlings with chili and krokot as primary hosts, had the highest ET during 6-22 DASH. From 24 to 36 DASH, ET for all types of host plants were similar. After 36 DASH, ET of sandalwood seedling with primary host sengan increased, and had the highest ET. Sandalwood seedling with primary host krokot had the highest WUE to produce sandalwood above ground biomass with value 0.3 g/l during the 0-3 weeks after sowing of primary host (WASH), 0.6 g/l during the 3-6 WASH, and 0.9 g/l during 6-9 WASH.

PENDAHULUAN

Cendana (*Santalum album* L.) merupakan salah satu penghasil minyak yang digunakan industri parfum (Diaz-Chavez et al., 2013; Singh et al., 2013; Teixeira da Silva et al., 2016). Tanaman Cendana merupakan tanaman yang susah dibudi-dayakan sehingga penting untuk dikonservasi. Tanaman ini ditemukan di Asia Selatan (Srivastava et al., 2015; Subasinghe et al., 2013), Australia (Celedon et al., 2016), Hawaii (Santha and Dwivedi, 2015) dan Indonesia (Herawan et al., 2016; Ratnaningrum et al., 2016). Bagian yang dipanen dari tanaman cendana adalah bagian batang dan akar (Peeris and Senarath, 2015). Batang dan akar cendana mengandung tiga senyawa utama yaitu *santalol*, *santalyl acetate*, dan *santalene* yang menghasilkan

aroma wangi, sehingga bagian tanaman ini dapat diekstrak untuk menghasilkan minyak atsiri yang menjadi bahan baku utama dalam industri farmasi dan industri kosmetik (Agusta and Jamal, 2001); (Arun Kumar et al., 2012). Senyawa yang dikandung cendana tersebut juga bermanfaat sebagai senyawa anti kanker dan anti viral (Bommareddy et al., 2012; Santha and Dwivedi, 2015). Selain untuk diekstrak menjadi minyak atsiri, tekstur kayu cendana yang halus, kuat, dan anti rayap mengakibatkan kayu cendana juga sering digunakan sebagai bahan kerajinan tangan (Gaol and Ruma, 2009). Tingginya eksploitasi tanaman cendana namun tidak diimbangi dengan upaya pelestariannya menyebabkan populasi cendana di Indonesia saat ini telah masuk dalam kategori rawan yang beresiko tinggi mengalami kepunahan (Rashkow, 2014; Teixeira da

^{*} Corresponding author: Impron@gmail.com

Silva et al., 2016) berdasarkan kategori yang ditetapkan oleh lembaga *International Union for Conservation of Natural Resource* (IUCN) (Dhanya et al., 2010; Njurumana et al., 2014).

Bibit cendana sebagai sebuah individu mempunyai akar yang minim serabut yang membatasinya untuk menyerap air dan hara dari media tumbuhnya. Untuk mengatasi keterbatasan tersebut, secara alamiah cendana memiliki sifat hemiparasit dengan karakter sebagai parasit akar, ditandai dengan terbentuknya haustoria untuk menghubungkan akar cendana dengan akar tumbuhan inang. Haustoria berfungsi sebagai penghisap unsur hara dari tumbuhan inang (Surata, 2006). Sifat hemiparasit mengakibatkan selama masa pertumbuhan cendana memerlukan kehadiran tumbuhan lain disekitarnya yang berperan sebagai inang (Rahayu et al., 2002).

Menurut Gaol and Ruma (2009) banyak bibit tanaman cendana yang gagal tumbuh atau tumbuh dengan pertumbuhan yang sangat lambat akibat ditanam tanpa inang. Bibit cendana yang ditanam tanpa inang umumnya hanya mampu bertahan selama satu tahun (Rai, 1990). Tanaman cendana muda yang ditanam tanpa inang akan memberikan pertumbuhan yang lebih rendah atau lambat dibandingkan dengan cendana yang ditanam dengan inang (Wijayanto and Araujo, 2011). Dalam pembudidayaan cendana, Wawo (2009) membedakan inang cendana menjadi dua macam, yaitu inang primer dan inang sekunder. Inang primer diperuntukkan bagi pertumbuhan bibit cendana dalam polibag pada tingkat awal pertumbuhan, dan inang sekunder untuk pertumbuhan lanjutan di lapangan. Pertumbuhan bibit cendana sangat ditentukan oleh jenis inang primernya.

Penelitian yang dilakukan untuk menentukan inang primer terbaik bagi pertumbuhan bibit cendana telah banyak dilakukan. Hamzah (1976) merekomendasikan cabai (*Capsicum frutescense*) sebagai inang primer tanaman cendana. Penelitian tersebut membuktikan adanya simbiosis antara bibit cendana dan cabai yang ditandai dengan terbentuknya haustoria untuk menghubungkan akar cendana dengan akar cabai. Hasil penelitian lain menyatakan bahwa keluarga kacang-kacangan merupakan inang primer yang baik bagi pertumbuhan cendana pada saat pembibitan (Rahayu et al., 2002). Penelitian Surata (1993) di NTT menunjukkan krokot (*Alternanthera sp.*) sebagai inang primer yang paling baik dalam pembibitan cendana. Sejak tahun 1993, krokot kemudian digunakan secara luas sebagai inang primer pada pembibitan cendana menggantikan cabai dan beberapa inang primer lainnya.

Informasi tentang kebutuhan air sebagai bagian penting dalam pemeliharaan bibit cendana hingga saat

ini masih terbatas. Salah satu permasalahan yang dihadapi dalam pelestarian dan pengembangan cendana di NTT adalah kondisi ketersediaan air, oleh karena itu Informasi kebutuhan air bibit cendana menjadi penting untuk perencanaan irigasi dalam budidaya bibit cendana.

Perencanaan irigasi tanaman selama ini sangat bergantung pada penentuan nilai evapotranspirasi (ET) potensial untuk kemudian dihitung ET aktualnya (Alberto et al., 2014; Tanasijevic et al., 2014). Pendugaan kebutuhan air tanaman dapat ditentukan dengan melihat nilai ET potensial dan koefisien tanaman (Kc) (Allen et al., 1998), namun penentuan tersebut dilakukan pada tanaman yang tidak bersimbiosis. Penelitian mengenai ET bibit cendana dengan inang primernya perlu dilakukan untuk menentukan jumlah air pada saat pembibitan. Kebutuhan air bibit cendana dapat diperhitungkan sebagai nilai ET aktual dari bibit cendana dengan inangnya secara bersama karena terdapat haustoria yang menghubungkan akar bibit cendana dan akar inangnya dalam satu media tanam.

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan nilai ET dan menganalisis efisiensi pemanfaatan air bibit cendana dengan tiga jenis inang primer yaitu cabai (*Capsicum annum*), sengan (*Albizia chinensis*), dan krokot (*Alternanthera sp.*). Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi dasar untuk menentukan irigasi dalam pembibitan cendana dan juga dalam memilih inang primer yang sesuai dengan kondisi ketersediaan air.

METODE PENELITIAN

Waktu dan tempat. Penelitian dilaksanakan pada periode bulan Maret-Juni 2015 di rumah kaca University Farm IPB Unit lapangan Cikabayan, dan Laboratorium Agrometeorologi Departemen Geofisika dan Meteorologi Institut Pertanian Bogor.

Bahan dan peralatan. Alat yang digunakan dalam penelitian adalah termometer bola kering, gelas ukur, meteran, gunting, sekop, corong, oven, dan timbangan analitik. Wadah tanam menggunakan pot plastik. Bahan yang digunakan adalah bibit cendana yang diperoleh dari Balai Pembibitan Kehutanan Nusa Tenggara Timur. Anakan cabai (*Capsicum annum*), anakan sengan (*Albizia chinensis*), dan stek krokot (*Alternanthera sp.*). Media tanam yang digunakan adalah tanah, pasir, dan pupuk kandang.

Rancangan percobaan. Rancangan yang digunakan pada penelitian adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan empat perlakuan dan sepuluh ulangan. Perlakuan yang digunakan yaitu kontrol (bibit cendana tanpa inang primer), bibit cendana dengan inang primer cabai, bibit cendana dengan inang primer krokot, dan bibit cendana dengan inang primer sengan.

Setiap perlakuan ditempatkan secara acak. Pot perlakuan dalam setiap ulangan ditempatkan secara rapat (tanpa ada jarak antar pot). Jarak antar ulangan adalah 24 cm dari tepi pot, sehingga ruangan yang digunakan dalam rumah kaca seluas 0.96 m x 4.56 m. Data yang diperoleh dianalisis dengan sidik ragam (ANOVA) dan dilanjutkan dengan uji lanjut Duncan (*Duncan multiple range test*).

Persiapan bibit dan media. Bibit cendana dipilih secara seragam yang berumur 3-4 bulan dengan kriteria tinggi tanaman 30 cm dan jumlah daun yang telah membuka sempurna sebanyak 10-12 lembar. Penyiapan inang primer dilakukan secara terpisah. Biji cabai dan sengan, serta stek batang krokot, disemaikan 2 minggu sebelum penanaman cendana bersama inangnya. Inang primer yang ditanam bersama bibit cendana juga dipilih secara seragam dengan kriteria tinggi tanaman 10 cm.

Wadah tanam berupa pot plastik dengan ukuran tinggi 18 cm dan diameter permukaan 24 cm. Bagian dasar pot dihubungkan dengan corong agar perkolasi dari pemberian irigasi dapat ditampung seperti pada Gambar 1. Media tanam yang digunakan pada penelitian berupa tanah, pasir, dan pupuk kandang yang dicampur secara merata dengan perbandingan 1:1:1. Media tanam kemudian dimasukkan kedalam wadah tanam dengan jumlah yang sama. Diameter permukaan media pada wadah tanam adalah 23 cm, sehingga luas permukaan media tanam adalah sebesar 416 cm².

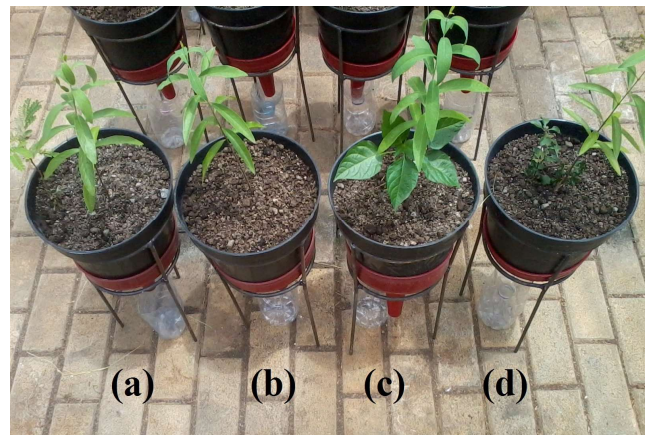


Gambar 1 Kondisi pot pada tanaman percobaan

Penentuan jumlah air irigasi. Penentuan air irigasi dilakukan untuk menentukan jumlah kapasitas lapang dari media tanam. Penentuan jumlah air dilakukan dengan cara memberikan air secara merata dan perlahan-lahan pada wadah tanam hingga terjadi perkolasi. Pemberian air dihentikan saat terjadi perkolasi. Rata-rata jumlah air yang diperlukan hingga terjadi perkolasi adalah sebesar 350 ml. Jumlah air yang diperlukan hingga terjadi perkolasi menunjukkan bahwa

kadar air tanah telah memenuhi kapasitas lapang. Irigasi dilakukan setiap dua hari pada pukul 05.00 WIB dengan jumlah melebihi kapasitas lapang, yaitu sebesar 500 ml untuk memastikan bahwa media tanam berada dalam kondisi jenuh air.

Penanaman bibit dan inang. Bibit cendana dan inang primer ditanam bersama-sama dalam wadah tanam yang telah disiapkan. Anakan cabai, sengan, dan stek batang krokot ditanam pada jarak 10 cm dari bibit cendana seperti pada Gambar 2. Sebelum penanaman, semua tumbuhan yang tumbuh dalam polibag bibit cendana dipotong tepat dipermukaan tanah. Pemotongan dimaksudkan agar tidak terdapat tumbuhan lain selain cendana dan inang primernya pada wadah tanam yang dapat mempengaruhi nilai evapotranspirasi.



Gambar 2 Posisi tanaman bibit cendana dengan (a) anak sengan; (b) tanpa tanaman lain; (c) anakan cabai; (d) stek batang krokot dalam pot percobaan

Pengamatan. Parameter yang diamati adalah (1) ET dari bibit cendana dengan masing-masing inang primer dan (2) total penggunaan air, (3) pertambahan biomassa cendana, (4) efisiensi pemanfaatan air bibit cendana dan inang primernya, dan (5) suhu udara di rumah kaca tempat penelitian dilakukan.

Pengamatan dimulai pada empat hari setelah tanam bibit cendana dengan inang primer (HSTI). Waktu pengamatan yang baru dimulai pada hari ke empat setelah penanaman, disesuaikan dengan kondisi bibit cendana dan inang primer yang tidak lagi berada dalam keadaan layu.

1. Evapotranspirasi

Evapotranspirasi merupakan kehilangan air melalui evaporasi dari permukaan wadah dan transpirasi bibit cendana bersama dengan inang primernya. Pengukuran ET didasarkan pada perhitungan neraca air berbasis volume pada masing-masing pot bertanaman. Evapotranspirasi diukur setiap dua hari yang dilakukan dengan cara berikut:

$$ET (ml) = Irigasi - Perkolasi$$

$$ET (mm) = \frac{ET (ml)}{Luas Permukaan}$$

Irigasi merupakan jumlah air yang diberikan setiap dua hari, yaitu sebanyak 500 ml. Perkolasi merupakan jumlah air yang keluar dari wadah tanam.

2. Total penggunaan air bibit cendana dan inang primernya

Total penggunaan air bibit cendana dengan inang primer merupakan jumlah pemakaian konsumtif air yang dinyatakan sebagai total air yang hilang melalui proses evapotranspirasi, sehingga sangat bergantung pada fase pertumbuhan tanaman. Total penggunaan air bibit cendana dengan inang primernya ditentukan sebanyak 3 kali, yaitu selama masa tanam 0-3 minggu setelah tanam dengan inang (MSTI), 3-6 MSTI, dan 6-9 MSTI. Total penggunaan air merupakan jumlah ET selama masa tanam tertentu, sebagai berikut:

$$ET \text{ total} = ET1 + ET2 + \dots + ETn$$

3. Pengukuran biomassa

Biomassa ditentukan dari pengukuran contoh bibit cendana (5 tanaman saat berumur 0 MSTI, dan masing-masing 3 tanaman saat tanaman berumur 3, 6, dan 9 MSTI) yang dipilih secara acak dari populasi. Contoh tanaman terpilih dipotong tepat pada permukaan tanah, dan dikeringkan di dalam oven selama 8 jam dengan suhu 110°C. Biomassa per tanaman adalah rata-rata biomassa kering contoh tanaman. Pertambahan biomassa (*dB*) diperoleh dari selisih dari dua pengukuran biomassa, dengan perhitungan sebagai berikut:

$$dB = \text{Biomassa Akhir} - \text{Biomassa Awal}$$

Total pertambahan biomassa adalah penjumlahan pertambahan biomassa pada saat umur bibit 3 MSTI, 6 MSTI dan 9 MSTI.

Pengukuran biomassa kering juga dilakukan terhadap inang primer pada saat umur 3 MSTI, 6 MSTI, dan 9 MSTI. Pengukuran biomassa kering inang primer dilakukan pada Inang primer yang berada pada satu media tanam dengan contoh bibit cendana terpilih.

4. Efisiensi penggunaan air bibit cendana dengan inang primer

Nilai efisiensi penggunaan air dapat menjadi acuan pemilihan tanaman yang cocok pada kondisi air terbatas (Medrano et al., 2015). Efisiensi penggunaan air bibit cendana dengan inang primer menunjukkan produksi atau biomassa kering bibit

cendana yang dihasilkan dari hasil pemakaian sejumlah air secara bersama antara bibit cendana dengan inang primernya. Efisiensi Penggunaan air bibit cendana ditentukan sebanyak tiga kali yaitu pada 3 MSTI, 6 MSTI, dan 9 MSTI, sebagai berikut:

$$WUE = \frac{\text{Produksi Biomassa Kering bibit cendana (g)}}{ET \text{ total (l)}}$$

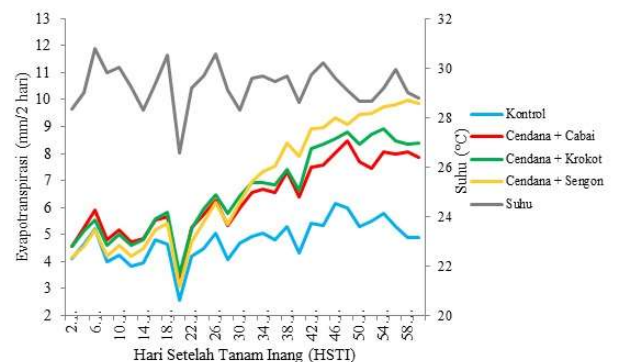
5. Pengamatan suhu udara

Suhu udara dalam rumah kaca selama percobaan diukur secara langsung dengan menggunakan termometer bola kering.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Suhu Udara dan Gambaran Umum Evapotranspirasi

Rata-rata suhu udara dalam rumah kaca selama penelitian selalu berfluktuasi dengan nilai berkisar antara 27-32 °C. Secara umum kondisi suhu udara dalam rumah kaca dan ET bibit cendana yang ditanam dengan inang primernya dapat dilihat pada Gambar 3. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa ET dua harian dari bibit cendana yang ditanam dengan inang maupun yang ditanam tanpa inang (kontrol) berfluktuasi mengikuti kondisi suhu udara dalam rumah kaca.



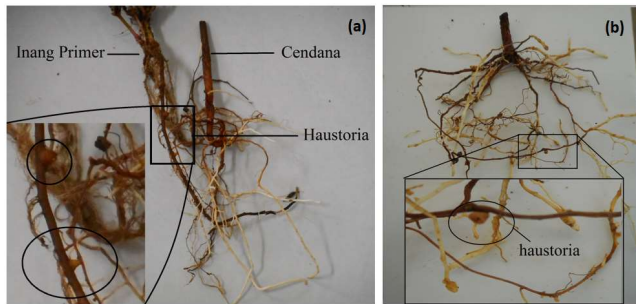
Gambar 3 Perbandingan nilai evapotranspirasi pada bibit cendana dengan beberapa jenis inang.

Fluktuasi ET cendana dengan inang cabai dan dengan inang krokot terlihat berhimpitan dan lebih tinggi dari fluktuasi ET dari bibit cendana dengan inang sengon mulai dari awal penelitian hingga 22 HSTI. Sejak umur 24 HSTI sampai dengan umur 36 HSTI fluktuasi ET bibit cendana dengan ketiga inangnya terlihat berhimpitan dan lebih tinggi dari fluktuasi ET kontrol. Setelah umur 36 HSTI, ET bibit cendana dengan inang sengon meningkat tajam dan berada pada posisi teratas sampai akhir penelitian.

Hemiparasit Cendana

Sifat biologi spesifik dari tanaman cendana adalah pola hidupnya yang bersifat hemiparasite (Zhang et al., 2015), karena cendana membutuhkan

tanaman inang untuk memasok sebagian unsur hara dan air dari media tumbuh. Sifat hemiparasit bibit cendana ditunjukkan oleh adanya tonjolan (Gambar 4) pada permukaan akar bibit cendana karena saling terkaitnya akar bibit cendana dan akar inang menggunakan haustoria (*haustoria connected*) (Yang et al., 2014). Hasil pengamatan pada 3 MSTI menunjukkan bahwa haustoria dapat terbentuk dengan (Gambar 4a) atau tanpa tanaman inang (Gambar 4b). Haustoria terbentuk dan terhubung pada akar ketiga jenis inang yang digunakan pada penelitian.



Gambar 4 Haustoria pada akar tanaman cendana (a) dengan tanaman inang dan (b) tanpa tanaman inang

Pengamatan berkala pada 3, 6 dan 9 MSTI menunjukkan adanya peningkatan jumlah dan ukuran tonjolan haustoria. Membesarnya tonjolan yang menghubungkan akar bibit cendana dan inang primernya membuktikan bahwa haustoria mengalami

pertumbuhan. Haustoria yang membesar menunjukkan bahwa terjadi simbiosis yang baik antara bibit cendana dengan ketiga jenis tanaman inang.

Evapotranspirasi Bibit Cendana dengan Inang Primernya

Analisis data ET dua harian bibit cendana dengan inang primernya menunjukkan pengaruh nyata dari inang primer terhadap ET mulai terjadi sejak 6 HSTI (Tabel 1). Sejak 6 HSTI sampai dengan 12 HSTI rata-rata ET bibit cendana dengan inang primer cabai dan krokot lebih tinggi dibandingkan dengan rata-rata ET bibit cendana dengan inang primer sengon dan kontrol. Sejak umur 14 HSTI sampai dengan umur 36 HSTI rata-rata ET bibit cendana dengan inang primer yang berbeda mempunyai nilai ET yang tidak berbeda nyata. Sejak umur 38 HSTI sampai dengan 60 HSTI terjadi fenomena berbeda yaitu ET bibit cendana dengan inang primer sengon meningkat menjadi tertinggi dan berbeda nyata dibandingkan dengan rata-rata ET bibit cendana dengan inang primer lainnya.

Perbedaan nilai ET antara bibit cendana dengan masing-masing inang primer terjadi karena adanya perbedaan karakteristik hemiparasitisme dengan tanaman inang. Salah satu parameter pertumbuhan yang secara langsung mempengaruhi nilai ET adalah jumlah daun bibit cendana dan inang primernya, dengan asumsi jumlah daun berbanding lurus dengan luas daun sebagai bidang transpirasi.

Tabel 1 Evapotranspirasi bibit cendana dengan inang primer cabai (*Capsicum annum*), krokot (*Alternanthera* sp.), dan sengon (*Albizia chinensis*) selama 60 hari setelah tanam dengan inang (HSTI)

Perlakuan	Evapotranspirasi (mm/2 hari)									
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
Kontrol	4.64 ^a	4.10 ^a	5.23 ^a	4.01 ^a	4.25 ^a	3.83 ^a	3.96 ^a	4.82 ^a	4.65 ^a	2.58 ^a
Cendana + Cabai	5.24 ^a	4.57 ^a	5.89 ^b	4.80 ^c	5.16 ^b	4.71 ^c	4.86 ^b	5.56 ^b	5.65 ^b	3.30 ^{bc}
Cendana + Krokot	5.12 ^a	4.55 ^a	5.53 ^{ab}	4.61 ^{bc}	5.03 ^b	4.59 ^{bc}	4.80 ^b	5.58 ^b	5.84 ^b	3.54 ^c
Cendana + Sengon	4.58 ^a	4.17 ^a	5.17 ^a	4.20 ^{ab}	4.59 ^{ab}	4.21 ^{ab}	4.46 ^b	5.19 ^{ab}	5.41 ^b	3.06 ^b

Perlakuan	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
Kontrol	4.21 ^a	4.49 ^a	5.04 ^a	4.09 ^a	4.69 ^a	4.91 ^a	5.05 ^a	4.79 ^a	5.28 ^a	4.33 ^a
Cendana + Cabai	5.24 ^c	5.76 ^b	6.26 ^b	5.33 ^b	6.00 ^b	6.56 ^b	6.67 ^b	6.56 ^b	7.32 ^b	6.38 ^b
Cendana + Krokot	5.21 ^c	5.96 ^b	6.46 ^b	5.77 ^b	6.43 ^b	6.91 ^b	6.93 ^b	6.84 ^b	7.41 ^b	6.65 ^b
Cendana + Sengon	4.73 ^b	5.46 ^b	6.20 ^b	5.38 ^b	6.19 ^b	6.98 ^b	7.32 ^b	7.53 ^b	8.40 ^c	7.91 ^c

Perlakuan	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60
Kontrol	5.41 ^a	5.35 ^a	6.14 ^a	5.98 ^a	5.29 ^a	5.50 ^a	5.77 ^a	5.29 ^a	4.87 ^a	4.87 ^a
Cendana + Cabai	7.49 ^b	7.58 ^b	8.03 ^b	8.48 ^b	7.70 ^b	7.46 ^b	8.06 ^b	7.97 ^b	8.06 ^b	7.85 ^b
Cendana + Krokot	8.18 ^c	8.33 ^c	8.54 ^b	8.81 ^b	8.36 ^b	8.72 ^c	8.90 ^{bc}	8.48 ^b	8.33 ^b	8.39 ^b
Cendana + Sengon	8.93 ^d	8.96 ^d	9.32 ^c	9.08 ^b	9.44 ^c	9.50 ^d	9.74 ^c	9.80 ^c	9.98 ^c	9.86 ^c

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama adalah tidak berbeda nyata pada Uji DMRT 5%.

Rata-rata jumlah daun bibit cendana ditampilkan pada Tabel 2. Rata-rata daun bibit cendana yang ditanam dengan inang primer sengan memiliki jumlah yang sama dengan kontrol hingga 3 MSTI. Perbedaan jumlah daun semakin terlihat pada setiap perlakuan ketika 6 MSTI dan menunjukkan pola yang konsisten hingga akhir penelitian pada 9 MSTI. Secara berurutan rata-rata jumlah daun dari yang terbanyak adalah bibit cendana yang ditanam dengan inang primer krokot, kemudian bibit cendana yang ditanam dengan inang primer cabai, bibit cendana yang ditanam dengan inang primer sengan, dan yang paling sedikit adalah kontrol.

Tabel 2 Rata-rata jumlah daun kontrol, bibit cendana dengan inang primer cabai (*Capsicum annum*), krokot (*Alternanthera* sp.), dan sengan (*Albizia chinensis*)

Perlakuan	Rata-rata jumlah daun			
	0 MSTI	3 MSTI	6 MSTI	9 MSTI
Kontrol		16	20	24
Cendana + Cabai	12	18	24	32
Cendana + Krokot		24	49	108
Cendana + Sengan		16	22	29

Berdasarkan Tabel 2, rata-rata jumlah daun bibit cendana pada setiap perlakuan menunjukkan pola yang berbeda dengan nilai ET total bibit cendana dengan inang primer selama penelitian. Perbedaan ini terjadi karena ET yang terjadi tidak hanya dipengaruhi oleh bibit cendana tetapi juga dipengaruhi oleh inang primernya. Kontribusi inang primer terhadap nilai ET dapat dilihat dari biomassa inang primer selama penelitian (Tabel 3). Nilai biomassa dapat menjadi salah satu parameter pertumbuhan untuk menjelaskan kebutuhan air tanaman yang ditentukan berdasarkan nilai evapotranspirasi.

Tabel 3 Biomassa inang primer cabai (*Capsicum annum*), krokot (*Alternanthera* sp.), dan sengan (*Albizia chinensis*) selama penelitian

Tanaman	Biomassa Inang (g)		
	3 MSTI	6 MSTI	9 MSTI
Cabai	0.89	2.26	7.86
Krokot	0.74	1.12	3.78
Sengan	0.77	3.15	9.62

Biomassa inang primer pada Tabel 3 memiliki nilai yang sangat beragam, hal ini terjadi karena setiap inang primer memiliki karakteristik yang sangat berbeda. Pertambahan biomassa inang primer juga berbeda pada setiap umur tanaman bergantung pada fase pertumbuhannya masing-masing. Biomassa inang primer terbesar pada 3 MSTI adalah tanaman cabai, kemudian pada 6 MSTI dan 9 MSTI biomassa inang primer sengan meningkat dan menjadi yang tertinggi. Krokot memiliki nilai biomassa terendah sepanjang

penelitian. Biomassa inang primer dapat menggambarkan pengaruh inang primer terhadap nilai ET total.

Total Penggunaan Air Bibit Cendana dengan Inang primernya

Penggunaan air terus meningkat sejalan dengan pertumbuhan bibit cendana dan inang primernya (Tabel 4). Total penggunaan air bibit cendana yang ditanam tanpa inang (perlakuan kontrol) selalu lebih sedikit dibandingkan bibit cendana yang ditanam dengan inang primer, hal ini karena bibit cendana yang ditanam tanpa inang primer sangat minim akar serabut akibat dari tidak terjadinya hemiparasit dengan tumbuhan lain sehingga membatasi kemampuannya dalam menyerap air. Sementara itu, pada perlakuan lainnya air digunakan secara bersama-sama antara bibit cendana dan inang primer.

Tabel 4 Total penggunaan air bibit cendana dengan inang primer cabai (*Capsicum annum*), krokot (*Alternanthera* sp.), dan sengan (*Albizia chinensis*)

Perlakuan	Total Penggunaan air (mm)			
	0-3 MSTI	3-6 MSTI	6-9 MSTI	Jumlah
Kontrol	42	47	54	143
Cendana + Cabai	50	62	79	191
Cendana + Krokot	49	65	85	199
Cendana + Sengan	45	66	95	206

Secara keseluruhan total penggunaan air terbanyak selama penelitian adalah bibit cendana yang ditanam dengan inang primer sengan. Penggunaan air bibit cendana dengan inang primer sengan meningkat menjadi yang terbanyak ketika berumur 3-6 MSTI dan terus berlanjut hingga umur 6-9 MSTI. Peningkatan penggunaan air bibit cendana dengan inang primer sengan ini terjadi seiring dengan meningkatnya biomassa sengan (Tabel 4) yang telah terjadi sejak 6 MSTI dan juga biomassa cendana (Tabel 6) yang mulai berbeda dengan kontrol pada 9 MSTI. Pengaruh total penggunaan air terhadap total biomassa cendana dan inang primernya ditampilkan pada Tabel 5.

Tabel 5 Total penggunaan air terhadap total biomassa kering bibit cendana dan inang primernya selama penelitian

Perlakuan	Biomassa kering (g)			Total Evapotranspirasi (mm)
	Cendana	Inang	Total	
Kontrol	1.66	-	1.66	143
Cendana + Cabai	2.69	7.86	10.55	190
Cendana + Krokot	6.08	3.78	9.86	199
Cendana + Sengan	2.17	9.62	11.79	206

Berdasarkan Tabel 5, total penggunaan air dan total biomassa kering bibit cendana dengan inang primernya relatif tidak berbeda namun apabila biomassa kering inang primer dan bibit cendana dipisahkan maka dapat terlihat perbedaannya. Perbedaan ini membuktikan bahwa alokasi

penggunaan air pada perlakuan bibit cendana dengan inang primer cabai dan sengan lebih banyak untuk menghasilkan biomassa kering inang dibandingkan dengan alokasi untuk menghasilkan biomassa kering cendana. Perlakuan bibit cendana dengan inang primer krokot mempunyai alokasi pemanfaatan air yang berbeda yaitu lebih banyak untuk menghasilkan biomassa kering bibit cendana dibandingkan untuk menghasilkan biomassa kering krokot.

Bibit cendana mampu membentuk hemiparasitisme dengan sengan, tetapi bibit cendana tidak mampu mendominasi penyerapan air dan hara. Adanya haustoria dengan akar bibit cendana, tidak mengganggu fungsi perakaran sengan untuk mendukung pertumbuhannya sendiri. Pertumbuhan bibit cendana dengan inang krokot terjadi dengan lebih baik, hal ini terkait dengan karakteristik tanaman krokot yang merambat, mudah tumbuh, dan memiliki akar serabut yang sukulen atau lunak, sehingga mendukung terbentuknya haustoria dan dominasinya dalam menyerap air dan unsur hara (Surata, 1993). Selain itu, Karakteristik tajuk tanaman krokot yang menutupi permukaan tanah, dengan daun yang kecil dan tebal menyebabkan rendahnya evapotranspirasi. Hasil ini menunjukkan bahwa yang dibutuhkan untuk pertumbuhan bibit cendana yang baik adalah keberhasilan hemiparasit dengan inang primer, terutama inang yang memiliki akar serabut yang banyak dengan ciri akar yang lunak sehingga memudahkan terjadinya hemiparasit.

Biomassa Kering Bibit Cendana

Haustoria yang terbentuk mengakibatkan akar inang dan akar cendana tidak dapat dipisahkan, sehingga data hanya menyajikan biomassa kering bibit cendana di atas permukaan yang dihasilkan dari perlakuan inang primer yang berbeda (Tabel 6).

Tabel 6 Biomassa kering bibit cendana diatas permukaan tanah

Perlakuan	Biomassa bibit Cendana diatas permukaan tanah (g)			
	0 MSTI	3 MSTI	6 MSTI	9 MSTI
Kontrol		1.17 ^a	1.39 ^a	1.66 ^a
Cendana + Cabai	0.91	1.20 ^a	1.84 ^b	2.69 ^c
Cendana + Krokot		1.46 ^b	2.91 ^c	6.08 ^d
Cendana + Sengan		1.19 ^a	1.52 ^a	2.17 ^b

Rata-rata biomassa kering bibit cendana yang ditanam dengan inang primer krokot selalu lebih tinggi dari biomassa kering bibit cendana yang dihasilkan dari simbiosis bibit cendana dengan inang primer lainnya. Adanya haustoria antara akar bibit cendana dengan akar krokot memungkinkan bibit cendana untuk menyerap air dan hara guna mendukung pertumbuhan bibit cendana dengan baik. Krokot dengan karakteristik yang lebih hemat air, meminimalkan persaingan dengan bibit cendana dalam penggunaan air dan hara.

Selain itu, krokot yang merupakan tanaman merambat dengan tinggi tajuk selalu lebih rendah dari bibit cendana menyebabkan tidak adanya kompetisi dalam mendapatkan sinar matahari, sehingga hemiparasit bibit cendana dengan krokot dapat terjadi dengan lebih baik dan dengan waktu yang lebih singkat.

Biomassa kering bibit cendana dengan inang primer cabai dan sengan tidak berbeda nyata dengan biomassa kering kontrol pada umur 3 MSTI. Biomassa kering yang tidak berbeda nyata dengan kontrol pada 3 MSTI kemungkinan disebabkan oleh masih minimnya haustoria yang terbentuk dan belum berpenetrasi dengan baik kedalam akar inang. Pengaruh inang primer akan semakin terlihat dengan semakin bertumbuhnya haustoria. Kemampuan penetrasi haustoria terjadi secara bertahap, dan sangat tergantung pada kelunakan akar inang (Rahayu et al., 2002). Hasil penelitian menunjukkan pengaruh masing-masing inang primer terhadap pertumbuhan bibit cendana terjadi pada waktu yang berbeda-beda.

Pengaruh inang primer cabai sudah terjadi pada pengamatan 6 MSTI, sementara pengaruh inang primer sengan terjadi pada waktu yang lebih lambat yaitu pada 9 MSTI yang ditunjukkan dengan nilai biomassa kering yang saling berbeda nyata dengan kontrol. kelemahan cabai sebagai inang primer cendana dibandingkan dengan krokot adalah cabai membutuhkan waktu lebih lama untuk dapat bertumbuh dengan baik ketika dipindahkan dari tempat tumbuh awalnya (Surata, 1993). Faktor inilah yang menyebabkan penetrasi haustoria lebih cepat terjadi pada inang krokot dan berdampak pada biomassa bibit cendana yang lebih besar.

Pengaruh inang primer sengan terhadap pertumbuhan bibit cendana yang lambat, menandakan adanya kompetisi antara bibit cendana dan sengan. Bibit cendana harus berkompetisi untuk memperoleh air, hara dan cahaya sebelum proses hemiparasitisme terjadi (Rahayu et al., 2002). Karakteristik tajuk tanaman sengan yang berbentuk seperti payung dan rimbun mengakibatkan adanya kompetisi dalam memperoleh cahaya, selain itu sengan merupakan tanaman berkayu yang pada awal pertumbuhannya memerlukan air dan unsur hara dalam jumlah yang besar, hal ini mengakibatkan kompetisi dalam menyerap air dan unsur hara juga terjadi sehingga memperlambat terbentuknya haustoria dan penetrasinya kedalam akar inang.

Efisiensi Pemanfaatan Air Bibit Cendana dengan Inang Primernya.

Rata-rata efisiensi pemanfaatan air oleh bibit cendana dengan inang primernya untuk menghasilkan biomassa kering bibit cendana disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7 Efisiensi penggunaan air bibit cendana tanpa inang dan bibit cendana dengan inang primer cabai (*Capsicum annum*), krokot (*Alternanthera sp.*), dan sengon (*Albizia chinensis*) untuk menghasilkan biomassa cendana diatas permukaan tanah

Perlakuan	Efisiensi penggunaan air bibit Cendana dengan inang primer (g/l)		
	0-3 MST	3-6 MST	6-9 MST
Kontrol	0.16 ^a	0.12 ^a	0.12 ^a
Cendana + Cabai	0.16 ^a	0.26 ^b	0.27 ^b
Cendana + Krokot	0.30 ^b	0.61 ^c	0.88 ^c
Cendana + Sengon	0.15 ^a	0.13 ^a	0.17 ^a

Efisiensi penggunaan air bibit cendana dengan inang primer sengon untuk menghasilkan biomassa kering bibit cendana di atas permukaan tanah tidak berbeda nyata dengan efisiensi pemanfaatan air bibit cendana yang ditanam tanpa inang dan selalu memiliki nilai terendah. Bibit cendana dengan inang primer krokot memiliki nilai efisiensi pemanfaatan air tertinggi untuk menghasilkan biomassa kering bibit cendana diatas permukaan tanah yaitu dengan nilai 0.3 g/l pada saat 0 - 3 MSTI, 0.6 g/l pada saat 3 - 6 MSTI, dan 0.9 g/l pada saat 6 - 9 MSTI.

Hasil tersebut menarik sebab pada umur 38 HSTI sampai dengan umur 60 HSTI, ET bibit cendana dengan inang sengon meningkat dan menjadi tertinggi dibandingkan dengan ET dari perlakuan lainnya (Tabel 1). Biomassa kering bibit cendana yang ditanam dengan inang primer sengon juga berbeda nyata dengan kontrol ketika 9 MSTI (Tabel 6), namun peristiwa ini tidak berpengaruh terhadap efisiensi penggunaan air (Tabel 7). Biomassa yang tidak berbeda nyata sebelum 9 MSTI menunjukkan adanya persaingan dalam penggunaan air oleh bibit cendana dan inang primer sengon. Pertambahan biomassa kering bibit cendana di atas permukaan tanah yang diikuti juga dengan meningkatnya total penggunaan air bibit cendana dengan inang primer sengon secara besar, mengakibatkan pemanfaatan airnya menjadi kurang efisien dalam menghasilkan biomassa bibit cendana. Total penggunaan air menjadi meningkat karena biomassa sengon mengalami pertambahan yang besar sejak 6 MSTI. Kondisi ini mengindikasikan bahwa bibit cendana dengan inang sengon lebih boros penggunaan airnya dibandingkan dengan bibit cendana dengan inang lainnya.

KESIMPULAN

Evapotranspirasi (ET) dua harian dari bibit cendana dengan maupun tanpa inang primer berfluktuasi dan terus mengalami peningkatan seiring dengan pertambahan umur tanaman. Pengaruh perbedaan jenis inang terhadap ET sudah terjadi ketika 6 HSTI yang menandakan adanya perbedaan karakteristik hemiparasit atau pembentukan haustoria antara bibit cendana dengan inang primernya.

Evapotranspirasi tertinggi pada saat 6 - 22 HSTI adalah bibit cendana dengan inang primer Cabai dan krokot. Ketika 24 - 36 HSTI ET bibit cendana dengan ketiga jenis inang memiliki nilai yang tidak berbeda nyata. Setelah 36 HSTI ET bibit cendana dengan inang primer sengon meningkat menjadi yang tertinggi.

Secara total, bibit cendana dengan inang primer sengon memiliki efisiensi pemanfaatan air untuk menghasilkan biomassa cendana diatas permukaan yang terendah, sama rendahnya dengan efisiensi bibit cendana yang ditanam tanpa inang. Bibit cendana dengan inang primer krokot memiliki nilai efisiensi pemanfaatan air tertinggi, hal ini terkait dengan karakteristik perakaran serabut krokot yang sukulen dan lunak sehingga mendukung terbentuknya haustoria yang memungkinkan bibit cendana untuk menyerap air dan hara guna mendukung pertumbuhannya. Karakteristik tersebut menjadikan krokot sebagai inang primer yang lebih baik bagi bibit cendana, bila dibandingkan dengan cabai dan sengon. Haustoria akar cendana - krokot mendukung penyerapan air dan hara, serta daun krokot yang kecil dan tebal memiliki transpirasi yang rendah sehingga meminimalkan persaingan dengan bibit cendana dalam penggunaan air dan hara.

DAFTAR PUSTAKA

- Agusta, A., Jamal, Y., 2001. Fitokimia Dan Farmakologi Cendana (*Santalum Album L.*). *Berita Biologi* 5, 561-567.
- Alberto, M.C.R., Quilty, J.R., Buresh, R.J., Wassmann, R., Haidar, S., Correa, T.Q., Sandro, J.M., 2014. Actual evapotranspiration and dual crop coefficients for dry-seeded rice and hybrid maize grown with overhead sprinkler irrigation. *Agricultural Water Management* 136, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2014.01.005>
- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M., 1998. Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements - FAO Irrigation and drainage paper 56.
- Arun Kumar, A.N., Joshi, G., Mohan Ram, H.Y., 2012. Sandalwood: History, uses, present status and the future. *Current Science* 103, 1408-1416. <https://doi.org/10.2307/24089347>
- Bommareddy, A., Rule, B., Vanwert, A.L., Santha, S., Dwivedi, C., 2012. α -Santalol, a derivative of sandalwood oil, induces apoptosis in human prostate cancer cells by causing caspase-3 activation. *Phytomedicine* 19, 804-811. <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2012.04.003>
- Celedon, J.M., Chiang, A., Yuen, M.M.S., Diaz-Chavez, M.L., Madilao, L.L., Finnegan, P.M., Barbour, E.L.,

- Bohlmann, J., 2016. Heartwood-specific transcriptome and metabolite signatures of tropical sandalwood (*Santalum album*) reveal the final step of (Z)-santalol fragrance biosynthesis. *The Plant Journal* 86, 289–299. <https://doi.org/10.1111/tpj.13162>
- Dhanya, B., Viswanath, S., Purushothman, S., 2010. Sandal (*santalum album* L.) conservation in Southern India: A review of policies and their impacts. *Journal of Tropical Agriculture* 48, 1–10.
- Diaz-Chavez, M.L., Moniodis, J., Madilao, L.L., Jancsik, S., Keeling, C.I., Barbour, E.L., Ghisalberti, E.L., Plummer, J.A., Jones, C.G., Bohlmann, J., 2013. Biosynthesis of Sandalwood Oil: *Santalum album* CYP76F Cytochromes P450 Produce Santalols and Bergamotol. *PLOS ONE* 8, e75053. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0075053>
- Gaol, M.L., Ruma, M.L., 2009. Efektifitas empat spesies legum sebagai inang antara tanaman hemiparasit cendana (*Santalum album* L.). *Bumi Lestari* 9, 187–192.
- Hamzah, Z., 1976. Sifat silvika dan silvikultur cendana (*Santalum album* L.) di pulau Timor. Lembaga Penelitian Hutan, Bogor.
- Herawan, T., Na'iem, M., Indrioko, S., Indrianto, A., 2016. Somatic embryogenesis of Sandalwood (*Santalum album* L.). *Indonesian Journal of Biotechnology* 19, 168. <https://doi.org/10.22146/ijbiotech.9311>
- Medrano, H., Tomás, M., Martorell, S., Flexas, J., Hernández, E., Rosselló, J., Pou, A., Escalona, J.-M., Bota, J., 2015. From leaf to whole-plant water use efficiency (WUE) in complex canopies: Limitations of leaf WUE as a selection target. *The Crop Journal* 3, 220–228. <https://doi.org/10.1016/j.cj.2015.04.002>
- Njrumana, N, G., M, D.M., I, I.I., S, R.S., 2014. Konservasi cendana (*Santalum album* Linn) berbasis masyarakat pada sistem kaliwu di pulau Sumba. *Jurnal Ilmu Lingkungan* 11, 51–61. <https://doi.org/10.14710/jil.11.2.51-61>
- Peeris, M., Senarath, W., 2015. In vitro propagation of *Santalum album* L. *Journal of the National Science Foundation of Sri Lanka* 43, 265. <https://doi.org/10.4038/jnsf.v43i3.7954>
- Rahayu, S., Wawo, A.H., Noordwijk, M. van, Hairiah, K., 2002. Cendana, Deregulasi dan Strategi Pengembangannya. *World Agroforestry Centre – ICRAF*, Bogor.
- Rai, S.N., 1990. Status and Cultivation of Sandalwood in India, in: *The Symposium on Sandalwood in the Pacific*. Honolulu, pp. 66–71.
- Rashkow, E.D., 2014. Perfumed the axe that laid it low: The endangerment of sandalwood in southern India. *The Indian Economic & Social History Review* 51, 41–70. <https://doi.org/10.1177/0019464613515553>
- Ratnaningrum, Y.W., Faridah, E., Indrioko, S., Syahbudin, A., 2016. Flowering and seed production of sandalwood (*Santalum album*; *Santalaceae*) along environmental gradients in Gunung Sewu Geopark, Indonesia. *Nusantara Bioscience* 8, 180–191.
- Santha, S., Dwivedi, C., 2015. Anticancer Effects of Sandalwood (*Santalum album*). *ANTICANCER RESEARCH* 9.
- Singh, C.K., Raj, S.R., Patil, V.R., Jaiswal, P.S., Subhash, N., 2013. Plant regeneration from leaf explants of mature sandalwood (*Santalum album* L.) trees under in vitro conditions. *In Vitro Cellular & Developmental Biology - Plant* 49, 216–222. <https://doi.org/10.1007/s11627-013-9495-y>
- Srivastava, P.L., Daramwar, P.P., Krithika, R., Pandreka, A., Shankar, S.S., Thulasiram, H.V., 2015. Functional Characterization of Novel Sesquiterpene Synthases from Indian Sandalwood, *Santalum album*. *Scientific Reports* 5, 10095.
- Subasinghe, U., Gamage, M., Hettiarachchi, D.S., 2013. Essential oil content and composition of Indian sandalwood (*Santalum album*) in Sri Lanka. *Journal of Forestry Research* 24, 127–130. <https://doi.org/10.1007/s11676-013-0331-3>
- Surata, I.K., 2006. Teknik Budidaya Cendana. *Aisuli* 21, 27.
- Surata, I.K., 1993. Pengaruh jenis inang terhadap pertumbuhan semai cendana (*Santalum album* L.). *Santalum* 9, 1–9.
- Tanasijevic, L., Todorovic, M., Pereira, L.S., Pizzigalli, C., Lionello, P., 2014. Impacts of climate change on olive crop evapotranspiration and irrigation requirements in the Mediterranean region. *Agricultural Water Management* 144, 54–68. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2014.05.019>
- Teixeira da Silva, J.A., Kher, M.M., Sonar, D., Page, T., Zhang, X., Nataraj, M., Ma, G., 2016. Sandalwood: basic biology, tissue culture, and genetic transformation. *Planta* 243, 847–887. <https://doi.org/10.1007/s00425-015-2452-8>
- Wawo, A.H., 2009. Pengaruh Jumlah Semai Akasia (*Acacia villosa*) dan Lamtoro Lokal (*Leucaena glauca*) Sebagai Inang Primer Cendana (*Santalum album* L.). *Bul. Littro* 20, 50–58.
- Wawo, A.H., 2004. Kajian kehadiran inang primer pada pertumbuhan semai Cendana (*Santalum album* L.). *Biota* 9, 114–118.
- Wijayanto, N., Araujo, J. de, 2011. Pertumbuhan Tanaman Pokok Cendana (*Santalum album* Linn.) pada Sistem Agroforestri di Desa Sanirin,

- Kecamatan Balibo, Kabupaten Bobonaro, Timor Leste. *Jurnal Silvikultur Tropika* 3, 119–123.
- Yang, X., Zhang, X., Teixeira da Silva, J.A., Liang, K., Deng, R., Ma, G., 2014. Ontogenesis of the collapsed layer during haustorium development in the root hemi-parasite *Santalum album* Linn. *Plant Biology* 16, 282–290. <https://doi.org/10.1111/plb.12026>
- Zhang, X., Berkowitz, O., Teixeira da Silva, J., Zhang, M., Ma, G., Whelan, J., Duan, J., 2015. RNA-Seq analysis identifies key genes associated with haustorial development in the root hemiparasite *Santalum album*. *Frontiers in Plant Science* 6, 661. <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00661>